



TITLE:

# ESTIMATION OF DAMAGED ZONE IN SOIL USING RESISTIVITY MONITORING( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Inoue, Keisuke

---

CITATION:

Inoue, Keisuke. ESTIMATION OF DAMAGED ZONE IN SOIL USING  
RESISTIVITY MONITORING. 京都大学, 2017, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13103>

RIGHT:

( 続紙 1 )

京都大学	博士（農学）	氏名	井上敬資
論文題目	ESTIMATION OF DAMAGED ZONE IN SOIL USING RESISTIVITY MONITORING (比抵抗モニタリングを用いた土中の損傷領域推定)		
(論文内容の要旨)			
<p>地震あるいは洪水により発生・拡大する、ため池や農地の内部における損傷領域は堤体や地盤の安全性低下や湛水不良の原因となるため、早い段階でその領域を特定して必要に応じた対策を施す必要がある。土中の損傷領域を地表面から直接検出することには困難があり、直接視認できる掘削も可能でない場合が多い。非破壊調査法の一つである電気探査による比抵抗モニタリングは、地盤内の浸透を可視化できるため有効な手段である。土中の損傷領域は3次元構造を有するため3次元探査が望ましいが、測定コストや測定時間に制約があるため、迅速に測定ができる鉛直2次元電気探査データを用いて評価することが必要となる。</p> <p>本論文は、電気探査の2次元探査データを用いた鉛直 2次元／3次元解析に浸透解析を援用して損傷領域を推定する手法の提案を目的とする。本論文は全7章で構成される。第1章では問題背景や研究目的を述べる。第2章では探査データの2次元解析により亀裂範囲を推定する手法を提案する。第3章では複数測線の探査データの2次元解析により不均一な浸透状況を推定する手法を検証する。第4章では探査データの3次元解析のための効率的な2次元探査の測線配置法を提案する。第5章では複数測線の探査データの3次元解析により3次元浸透を推定する手法を検証する。第6章では浸透流と電気探査の3次元解析を用いることで、高透水部の推定精度を向上させる手法を提案する。最後に、第7章では本論文の総括ならびに今後の展望を示す。</p> <p>本論文における主要な研究成果は、鉛直2次元電気探査データを用いて土中の損傷領域を推定する手法において、次の5点に要約される。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 探査データの2次元解析に基づく提案法では、地震あるいは洪水で発生した土中の亀裂に石灰水を注入し、亀裂に対して平行および直交測線で2次元探査を行い、注入前後の比抵抗変化から亀裂範囲を簡易に推定する。数値実験および模型実験より、亀裂に平行な測線において比抵抗変化がある水平範囲はモデル亀裂長さに対応すること、および亀裂に直交する測線において亀裂長さより亀裂深さが小さい場合は、注入材料の深度方向への広がりを推定できることを明らかにした。以上の結果から、2次元解析では結果に偽像が含まれることがあるが、亀裂に平行な測線からその水平範囲を推定し、その結果に基づいて直交する測線から鉛直範囲を推定することの有用性を示した。</li><li>2. 水田の漏水など地表からでは検出が困難な土中水の3次元浸透を簡易に把握することを目的として、地下水涵養試験において井桁状に配置した4測線で連続的に2次元探査を行い、2次元の比抵抗変化率分布を解析した。涵養開始後の比抵抗変化はおおむね飽和度の変化を反映していること、不均一な涵養状況を反映していることが示された。これらの結果から、複数測線の2次元解析により、土中水の鉛直および水平方向への浸透を含めた3次元の涵養状態を経時的かつ簡易に把握できることを明らかにした。</li><li>3. 探査データの3次元解析により推定する手法においては、高密度に探査測線を設置することが一般的であるが、3次元解析のための効率的な2次元探査の測線配置</li></ol>			

法を提案した。数値実験の結果から、平行測線配置は対象物のおおよその位置を特定するのに効果的であり、直交測線配置は交差点の周辺で対象物の検出に最適であることを明らかにした。屋外試験では平行測線に直交測線を追加した場合、推定位置は改善されること、現地適用試験では2つの直交測線のみの3次元解析でも、断層を低比抵抗帯として検出できることを検証した。これらより、平行測線によって特定の位置を検出し、交差測線によってより詳細な探査を実施することの効率性を示した。

4. 3次元の浸透状況を推定するため、地下水涵養試験において、複数の2次元探査結果から3次元の比抵抗変化率分布を解析した。複数測線の2次元探査データを用いて3次元解析を行う場合、異なる時刻で得られた2次元データを同時に用いるため、異なる時刻の浸潤領域が重なりあった比抵抗分布を得る。ここでは、2次元探査データの組み合わせを変えて3次元解析を行った結果、時刻に依らない不均一な比抵抗分布が明らかとなった。これにより、2次元探査データであっても、それらの3次元解析によって、より正確な浸潤領域が把握できることを示した。
5. 探査データの3次元解析であっても測線数が少ないと偽像が生じ、比抵抗変化率分布のみからでは高透水部の推定が困難な場合がある。これに対し、地下水涵養試験において浸透流と電気探査の3次元解析を用いて高透水部を推定する手法を提案した。本手法は、複数の浸透モデルから計算された水分量分布に対して、2次元探査を実施し、得られた計算探査データと現地探査データを比較することで、最適な湛水不良モデルを選択する。数値実験において、最小誤差を与えるモデルの高透水部の位置は、漏水位置と一致することを明らかにし、地下水涵養試験の現地実験において、不均一な湛水状況を推定できることを新たに示した。以上のことから、浸透流と電気探査の3次元解析により高透水部の位置を精度良く推定することを可能とした。

提案法は、本来は3次元に分布する土中の損傷領域を、容易に収集できる2次元探査データから効率的に推定することを実現し、迅速な機能診断や災害復旧活動を可能にした。本法は災害対策技術に貢献することが期待される。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

本論文では、地震あるいは洪水で被災した、ため池や農地の復旧計画において、非破壊調査法の一つである電気探査の鉛直2次元探査データに基づき土中の損傷領域の位置と構造を推定する三つの方法を提案した。一つは、亀裂に対して平行な測線および直交する測線に沿った2次元探査データに基づき、亀裂への石灰水注入前後の比抵抗変化から亀裂範囲を簡易に推定する手法である。次に、探査データを3次元解析する際に、効率的に2次元探査測線を配置する方法である。最後に、探査データの3次元解析のみでは推定が困難な地盤の高透水部を推定するため、複数の浸透モデルに浸透流と電気探査の3次元解析を行い、現地探査データとの比較から最適な湛水不良モデルを推定する方法である。これらの三つの手法は数値実験および実地盤試験により適用性が評価され、その有用性が検証された。評価できる点は以下のとおりである。

1. 探査データの2次元解析では結果に偽像が含まれることがあるが、提案法では亀裂への石灰水注入前後の平行・直交2測線から深度方向の推定誤差を評価することで、亀裂範囲を簡易に推定できることを示した。
2. 探査データの3次元解析では高密度の測線を設置することが一般的である。提案法では平行測線から対象物の位置を検出し、交差測線からより詳細な探査を実施することの効率性を明らかにした。
3. 探査データの3次元解析においても偽像が含まれることがあるが、提案法では複数の浸透モデルから水分移動、およびその水分量分布に対する探査データを計算し、現地探査データとの比較から最小誤差を与える最適な湛水不良モデルを選択することで、高透水部の推定精度が向上することを可能にした。

以上のように、本論文はため池や農地の復旧計画における土中の損傷領域を推定するために、低密度測線のもとで容易に収集できる2次元探査データを用いた評価手法を構成し、土中損傷領域の位置や構造を効率的に推定する手法を提案したものであり、施設機能工学、水資源利用工学、水環境工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成29年2月22日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することと支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日：        年        月        日以降（学位授与日から3ヶ月以内）